

令和4年 4月 25日

## 若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 202180075

氏名 板谷 昌輝

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。  
なお、下記記載の内容については相違ありません。

### 記

1. 派遣先：都市名 ブダペスト (国名 ハンガリー)
2. 研究課題名 (和文)：リーゼガング型非平衡自己組織化構造の形成機構解明及び数理標準モデルの構築
3. 派遣期間：令和 3年 12月 15日 ~ 令和 4年 3月 31日 (107日間)
4. 派遣先機関名・部局名：Budapest University of Technology and Economics, Department of Physics
5. 派遣先機関で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

自然界や生命システムでは、エネルギーが恒常的に散逸する非平衡状態を利用して、多様な構造が自発的に形成され、それらに由来する様々な機能が今日の自然界を構築する基盤となっている。このような自発的構造形成は自己組織化と呼ばれ、そのメカニズムを解明・応用する試みが近年盛んに行われている。これらを達成する手法の一つとして、化学的または数理科学的なモデルリングがある。本研究では、上記の化学モデルの一つとして知られるリーゼガングパターン (LP) の機構解明を目指し、LP に関する研究を実験と数理の双方から先進的に行なっている Istvan 研究室にて、新奇実験系の確立及びそれを実証する数理モデルの構築を行なった。これまでの LP の多くは電解質 (X) を含むハイドロゲルへの金属イオン ( $M^+$ ) 含有の媒体の接触による、ゲル内への  $M^+$  の拡散並びに X との反応により析出する沈殿物 (MX) を用いて形成されていた。しかしながら、MX があらかじめゲル内に分散した状態からの不安定化により LP が形成される系に関しての実験的検証がなく、派遣先では MX の不安定化と LP 形成の関係に焦点を当て、その機構の詳細な理解を目指した。実験的には、固体粒子の分散安定性を制御する指標の一つである溶媒極性に着目し、任意の比率で混合した水と有機溶媒の混合溶媒を用いて、異なる溶媒極性を有するハイドロゲル内での LP 形成を行なった。その結果、溶媒極性に依存してこれまで報告例がない新奇形態の LP の形成に成功し、さらに渡航先の数理科学専門家の協力のもと、それらの影響を組み込んだ数理モデルの構築も行なった。以上から粒子安定性が LP 形態に強く影響を及ぼすことを実験・数理の双方から明らかにできた。

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

本研究の LP における溶媒極性依存の実験的な成果については、現在投稿論文の執筆を行なっている。また、数理モデルに関して基本となるモデルは構築できたものの、未だ改善の余地が残されているため、引き続き検証を行なっている。今後は数理モデルの改良を行い次第、現在作成中の論文原稿にその内容を加え、2022 年度の早い段階をめぐりに実験と数理の双方の観点から駆使した研究として一つの学術論文にまとめ、物理化学を専門とした国際誌への投稿を行う予定である。

また、本研究によって水-有機混合溶媒においても LP の形成が可能であることが見出されたため、今後は水-有機混合溶媒でも沈殿形成可能な粒子系 (例えば、金属ナノ粒子や金属有機構造体) への応用展開を模索した研究についても行う予定である。そして、今回の成果とこれまでの筆者の成果により、LP 形成の 2 大メカニズムである  $M^+$  と  $X$  を出発物としたメカニズムと  $MX$  の分散安定性を起点としたメカニズムについての実験・数理モデルの基礎的検証が達成されるため、今後は以上の二つのモデルを包括して、LP に関連するあらゆる事象を包括的に説明可能な標準モデルの構築を目指した研究を行う予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

渡航者が滞在した Istvan 研究室は非平衡自己組織化に関する研究について、基礎から応用まで幅広い研究を行っており、この分野では世界を代表する研究室の一つである。そのような素晴らしい環境に滞在し学んだこととして、「研究戦略の緻密さ」と「日々の実験・議論の濃密さ」が挙げられる。特に、「研究戦略の緻密さ」については研究計画の立案の時点で、この研究のフォーカスする点は何なのか、何をどこまで明らかにするのか、そして期待される成果はどんなもので、そのインパクトはどれくらいなのか、など計画の段階であらゆる想定事項を議論して双方が納得してから研究を始めるというスタンスには驚いた。さらに、この緻密な計画がある上で、日々の実験結果を逐次報告・議論することでこの戦略の妥当性を常に検証し、時には結果に依存して柔軟に対応し最終到達点を目指すという過程を体験できた (ここに「日々の実験・議論の濃密さ」がある)。もちろん、上記のプロセスは数多くの研究者が踏襲するものであり、そこまで特別というわけではないだろうが、特に研究戦略を立てる時点で投稿先のジャーナルをある程度絞り、常にこの研究の対象とする分野や求めるブレークスルーは何なのかなどを明確にしてから研究をスタートするというのは非常に勉強になった。この「研究戦略の緻密さ」が良い成果を迅速に生産するサイクルにつながるのだと改めて認識させられた。また、Istvan 研究室の特色として常に数理科学の専門家と共同的に研究を遂行することが挙げられる。これにより、実験で得られた結果の妥当性を数理モデルの観点から常に評価することが可能であり、このプロセスの反復が実験モデルにおける現象の機構の仮説を実証し、理解・一般化する上で重要であることを学んだ。さらに、重要なのはこれらに関する議論を全て英語で行えた点である。特に、本プログラムで行なった研究成果については渡航者と Istvan 氏の他にも数人の研究者との国際共同研究となっており、その点で国際共同研究のスタートアップから、研究に関する議論等のアレンジメントの手法を学べたのは今後の研究者人生において必ず役立つと感じている。

最後に、このような貴重な機会を与えていただき、サポートをしていただいた若手研究者海外挑戦プログラムに厚く御礼申し上げます。